



中华人民共和国国家标准

GB/T 8601—2021

代替 GB/T 8601—1988

铁路用辗钢整体车轮

Forged and rolled solid wheels for railway

2021-10-11 发布

2022-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 8601—1988《铁路用辗钢整体车轮》。本文件与 GB/T 8601—1988 相比，除结构性调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了按轴重和速度划分的 1 级、2 级、3 级车轮级别，取消了 A、B 级车轮的分级规定（见第 4 章，1988 年版的第 3 章）；
- b) 删除了车轮尺寸规格的规定（见 1988 年版的 4.1）；
- c) 增加了 CL50、CL55、CL65、CL70 四个车轮钢牌号，删除了 CL45MnSiV 车轮钢牌号（见 6.1，1988 年版的 5.1）；
- d) 增加了车轮的辐板拉伸性能、-20℃ 轮辋冲击韧性、轮辋表面硬度、热处理均匀性要求，删除了 -60℃ 辐板韧性、落锤试验等（见 6.3，1988 年版的 5.4.2）；
- e) 更改了非金属夹杂物级别要求（见 6.5，1988 年版的 5.7）；
- f) 更改了低倍组织要求（见 6.6，1988 年版的 5.6）；
- g) 更改了超声波探伤要求（见 6.7，1988 年版的 5.8）；
- h) 更改了喷丸要求（见 6.10，1988 年版的 5.11）；
- i) 增加了车轮型式试验要求（见 7.4）；
- j) 增加了车轮钢液氢含量检测内容（见附录 A）；
- k) 增加了疲劳性能要求与试验内容（见附录 B）；
- l) 增加了应变片法确定踏面下深处周向残余应力的变化（破坏性试验法）内容（见附录 C）；
- m) 增加了不平衡的清除方法内容（见附录 D）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会（SAC/TC 183）归口。

本文件起草单位：马鞍山钢铁股份有限公司、宝武集团马钢轨交材料科技有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：刘学华、陈刚、钟斌、刘宝石、崔银会、鲁松、王玉婕、龚志翔、江波、王志刚、赵海、邓荣杰、王翔。

本文件 1988 年首次发布为 GB/T 8601—1988；本次为第一次修订。

铁路用辗钢整体车轮

1 范围

本文件规定了铁路机车车辆用辗钢整体车轮的分级、型式尺寸极限偏差及形位公差、技术要求、试验方法、检验要求、标志、交货及质量证明书等。

本文件适用于最高运行速度不大于 250 km/h、轴重不大于 33 t 的铁路机车车辆用辗钢整体车轮。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差
- GB/T 223.3 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷钼酸重量法测定磷量
- GB/T 223.4 钢铁及合金 锰含量的测定 电位滴定或可视滴定法
- GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法
- GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法
- GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量
- GB/T 223.13 钢铁及合金化学分析方法 硫酸亚铁铵滴定法测定钒含量
- GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钼试剂萃取光度法测定钒含量
- GB/T 223.18 钢铁及合金化学分析方法 硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量
- GB/T 223.19 钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵 三氯甲烷萃取光度法测定铜量
- GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法
- GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法
- GB/T 223.28 钢铁及合金化学分析方法 α -安息香肟重量法测定钼量
- GB/T 223.53 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定铜量
- GB/T 223.54 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定镍量
- GB/T 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量
- GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法和铈磷钼蓝分光光度法
- GB/T 223.60 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量
- GB/T 223.61 钢铁及合金化学分析方法 磷钼酸铵容量法测定磷量
- GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量
- GB/T 223.63 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
- GB/T 223.64 钢铁及合金 锰含量的测定 火焰原子吸收光谱法
- GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法
- GB/T 223.68 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量
- GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法
- GB/T 223.71 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后重量法测定碳含量

GB/T 8601—2021

- GB/T 223.72 钢铁及合金 硫含量的测定 重量法
- GB/T 223.76 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钒量
- GB/T 223.79 钢铁 多元素含量的测定 X-射线荧光光谱法(常规法)
- GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
- GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法
- GB/T 4161—2007 金属材料 平面应变断裂韧度 K_{Ic} 试验方法
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 6394—2017 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- GB/T 11261 钢铁 氧含量的测定 脉冲加热惰气熔融-红外线吸收法
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 18838.3 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求 第3部分:高碳铸钢丸和砂
- GB/T 18838.4 涂覆涂料前钢材表面处理 喷射清理用金属磨料的技术要求 第4部分:低碳铸钢丸
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)
- GB/T 20125 低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
- JB/T 10174 钢铁零件强化喷丸的质量检验方法
- TB/T 3031—2002 铁路用辗钢整体车轮径向全截面低倍组织缺陷的评定
- YB/T 081 冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定
- YB/T 4375 轨道交通车轮及轮箍超声波检测方法
- YB/T 4376 轨道交通车轮磁粉探伤方法

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 车轮分级

车轮宜按轴重和/或最高运行速度分为3级(见表1)。

表1 车轮分级

机车车辆类型	车轮级别		
	1级	2级	3级
货车	—	轴重 25 t~33 t 或最高运行速度大于 120 km/h	轴重小于 25 t 且最高运行速度不大于 120 km/h
其他机车车辆	运行速度 200 km/h~250 km/h	最高运行速度小于 200 km/h	—

5 车轮型式尺寸极限偏差及形位公差

5.1 车轮制造厂应按经规定程序批准的图样制造和检验。

5.2 车轮尺寸极限偏差及形位公差检测项目和偏差/公差要求由供需双方协商确定。

6 技术要求和试验方法

6.1 牌号和化学成分

6.1.1 要求

6.1.1.1 车轮钢牌号和化学成分(熔炼分析)应符合表 2 规定。1 级车轮的全氧含量应不大于 $15 \times 10^{-4} \%$ 。

6.1.1.2 车轮成品化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

表 2 车轮钢牌号和化学成分(熔炼分析)

钢牌号	化学成分(质量分数)/%										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo	Ni	V	Cr+Mo+Ni
	不大于										
CL50	0.55	0.40	0.80	0.020	0.020	0.30	0.30	0.08	0.30	0.06	0.50
CL55	0.60	0.40	0.80	0.020	0.020	0.30	0.30	0.08	0.30	0.06	0.50
CL60	0.65	0.40	0.80	0.025	0.025	0.30	0.30	0.08	0.30	0.06	0.50
CL65	0.67	1.00	1.20	0.025	0.025	0.30	0.30	0.08	0.30	0.08	0.50
CL70	0.77	1.00	1.20	0.025	0.025	0.30	0.30	0.08	0.30	0.08	0.50

6.1.2 试验方法

6.1.2.1 车轮钢的熔炼化学分析每炉取一个试样,其取样和分析试验应按 GB/T 20066、GB/T 20123 或 GB/T 4336 规定的方法进行。

6.1.2.2 成品车轮的化学成分和全氧含量分析应在轮辋公称直径处的踏面下 30 mm 处取不少于 50 g 的钢屑试样和/或棒状样,其分析方法应按 GB/T 20123、GB/T 20125 和 GB/T 11261 的规定进行。当采用光谱分析时,可使用拉伸试样端部,试验应按 GB/T 4336、GB/T 11261 规定的方法进行。当出现异议时,应按 GB/T 223.3、GB/T 223.4、GB/T 223.5、GB/T 223.11、GB/T 223.12、GB/T 223.13、GB/T 223.14、GB/T 223.18、GB/T 223.19、GB/T 223.23、GB/T 223.26、GB/T 223.28、GB/T 223.53、GB/T 223.54、GB/T 223.58、GB/T 223.59、GB/T 223.60、GB/T 223.61、GB/T 223.62、GB/T 223.63、GB/T 223.64、GB/T 223.67、GB/T 223.68、GB/T 223.69、GB/T 223.71、GB/T 223.72、GB/T 223.76、GB/T 223.79、GB/T 223.85、GB/T 223.86 或 GB/T 20123 以及 GB/T 11261 规定的化学分析方法进行仲裁。

6.2 车轮制造

6.2.1 车轮应采用经炉外精炼和真空脱气处理的连铸坯或模铸锭制造。模铸锭钢锭应从底部浇铸。钢液氢含量应不大于 $2.0 \times 10^{-4} \%$,钢液氢含量的分析试验应按附录 A 规定的方法进行。

6.2.2 如采用模铸钢锭制造车轮,应用切过头的钢锭,切头量应足以消除钢锭两端影响车轮质量的有害部分。钢锭所有表面不应有影响轧制质量的缺陷。

6.2.3 车轮应经整体锻造和/或轧制成型,并经热处理。

6.3 力学性能

6.3.1 拉伸性能

6.3.1.1 要求

车轮的拉伸性能见表 3。

表 3 车轮的拉伸性能

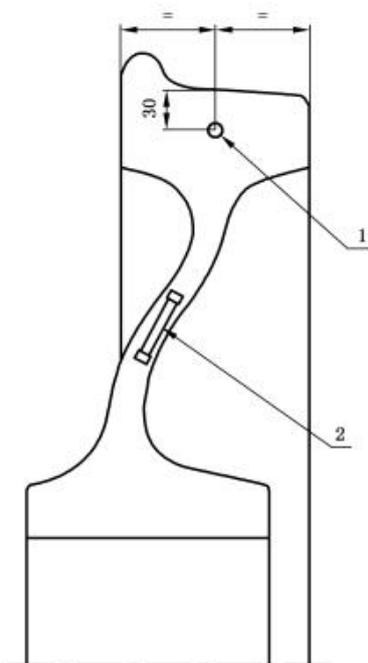
钢牌号	轮辋			辐板	
	上屈服强度(R_{eH}) ^a MPa	抗拉强度(R_m) MPa	断后伸长率($A_{60\text{ mm}}$) %	R_m 减小值 ^b MPa	断后伸长率(A) %
CL50	≥520	≥820	≥14	≥110	≥16
CL55	≥580	≥900	≥12	≥120	≥14
CL60	≥580	≥910	≥10	≥120	≥14
CL65	≥620	≥1 010	≥10	≥130	≥12
CL70	≥650	≥1 050	≥10	≥130	≥10

^a 如果屈服现象不明显,可用规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 代替。

^b 同一车轮上相对于轮辋抗拉强度的减小值。

6.3.1.2 试样取样位置

试样应取自车轮的轮辋和辐板处,其位置如图 1 所示。



标引序号说明：

1——轮辋拉伸试样取样位置；

2——辐板拉伸试样取样位置。

注：所示尺寸为精加工尺寸。

图 1 拉伸试样取样位置

6.3.1.3 试验方法

试验应按 GB/T 228.1 规定的方法进行。轮辋拉伸试样平行长度内直径为 15 mm，原始标距为其直径 4 倍；辐板拉伸试样平行长度内直径为 10 mm，原始标距为其直径的 5 倍。

6.3.2 冲击性能

6.3.2.1 要求

冲击吸收能量值应符合表 4 规定。

表 4 冲击性能及试样要求

钢牌号	$KU_2(+20\text{ }^\circ\text{C})$				$KV_2(-20\text{ }^\circ\text{C})$			
	试样要求		冲击吸收能量 J		试样要求		冲击吸收能量 J	
	取样 部位	槽口 深度	平均值	单个试样 最小值	取样 部位	槽口 深度	平均值	单个试样 最小值
CL50	轮辋	5 mm	≥ 17	≥ 12	轮辋	2 mm	≥ 10	≥ 5
CL55	轮辋	5 mm	≥ 13	≥ 9	轮辋	2 mm	≥ 8	≥ 5

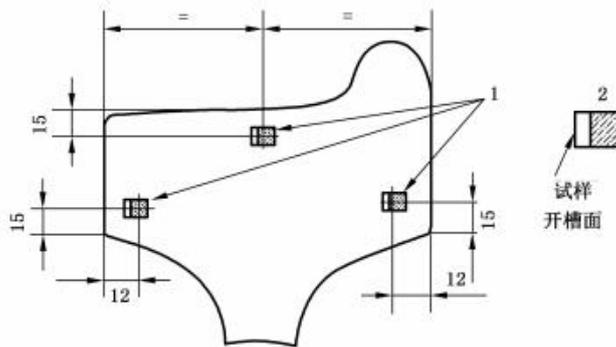
表 4 冲击性能及试样要求 (续)

钢牌号	$KU_2(+20\text{ }^\circ\text{C})$				$KV_2(-20\text{ }^\circ\text{C})$			
	试样要求		冲击吸收能量 J		试样要求		冲击吸收能量 J	
	取样 部位	槽口 深度	平均值	单个试样 最小值	取样 部位	槽口 深度	平均值	单个试样 最小值
CL60	辐板	2 mm	≥ 16	≥ 11	—	—	—	—
CL65	辐板	2 mm	≥ 16	≥ 11	—	—	—	—
	轮辋	2 mm	≥ 20	≥ 14				
CL70	辐板	2 mm	≥ 12	≥ 8	—	—	—	—
	轮辋	2 mm	≥ 18	≥ 13				

当需方有需求时,可对 $-40\text{ }^\circ\text{C}$ 冲击吸收能量进行检验,具体要求由供需双方协商。

6.3.2.2 试验取样位置

冲击试验取样位置见图 2 和图 3。试验温度为 $+20\text{ }^\circ\text{C}$ 时,对 CL50 和 CL55 钢车轮应采用槽深 5 mm 的 U 型缺口试样,在轮辋上取样;对 CL60、CL65 和 CL70 钢车轮应采用槽深 2 mm 的 U 型缺口试样,在辐板/轮辋上取样。试验温度为 $-20\text{ }^\circ\text{C}$ 时,应采用槽深 2 mm 的 V 型缺口试样,在轮辋上取样。
单位为毫米



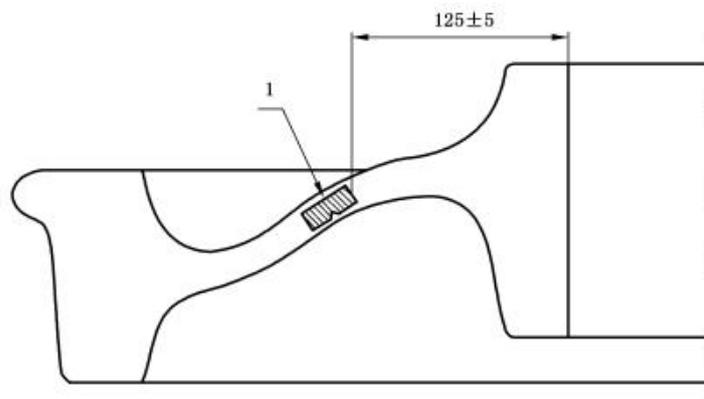
标引序号说明:

1——轮辋冲击试样;

2——缺口。

注:所示尺寸为精加工尺寸。

图 2 轮辋冲击试验取样位置



标引序号说明:

1——辐板冲击试样,底部缺口朝向外侧面。

注:所示尺寸为精加工待组装尺寸。

图 3 辐板冲击试验取样位置

6.3.2.3 试验方法

试验应按 GB/T 229 规定的方法进行。

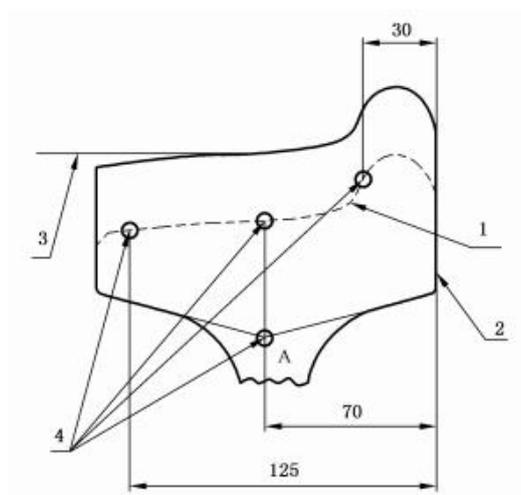
6.3.3 轮辋断面硬度

6.3.3.1 要求

对 CL50 和 CL55 钢车轮,在轮辋踏面下 35 mm 处布氏硬度最小值应不小于表 5 中规定的值。对 CL60、CL65 和 CL70 钢车轮,在轮辋踏面下 30 mm 处布氏硬度最小值应不小于表 5 中规定的值。轮辋—辐板过渡处(图 4 中 A 点)的硬度应至少比踏面下 35 mm(对 CL50、CL55 钢车轮)或 30 mm(对 CL60、CL65 和 CL70 钢车轮)处硬度值低 10 HBW。

表 5 轮辋处硬度值

钢牌号	测试位置距踏面距离	布氏硬度最小值(HBW10/3 000)
CL50	35 mm	245
CL55	35 mm	255
CL60	30 mm	265
CL65	30 mm	280
CL70	30 mm	300



标引序号说明：

- 1——踏面下深度为 35 mm(对 CL50 和 CL55 钢车轮)或 30 mm(对 CL60、CL65 和 CL70 钢车轮)处；
- 2——加工后的车轮内侧面；
- 3——公称滚动圆；
- 4——测试点。

注：所示尺寸为精加工尺寸。

图 4 轮辋径向截面硬度读数测点位置

6.3.3.2 测试点位置

如图 4 所示,在轮辋径向截面上测 4 点硬度。

6.3.3.3 试验方法

试验应按 GB/T 231.1 规定的方法进行。

6.3.4 疲劳性能

附录 B 规定了车轮疲劳性能要求与试验方法。

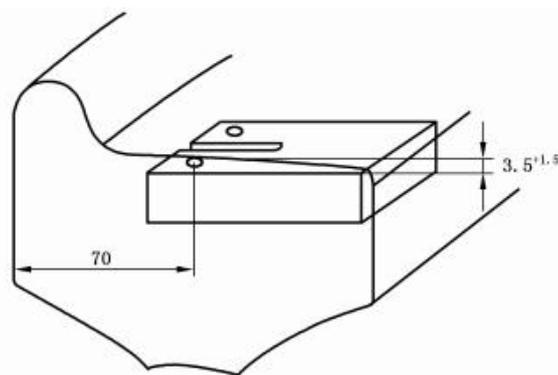
6.3.5 轮辋韧性

6.3.5.1 要求

对于 CL50 钢,6 个试样所得 K_Q 平均值应大于或等于 $80 \text{ MPam}^{1/2}$,任一试样的 K_Q 最小值应不低于 $70 \text{ MPam}^{1/2}$ 。此项为型式试验要求,只对 1 级 CL50 钢车轮进行试验。

6.3.5.2 试验取样位置

应从轮辋上图 5 所示位置切取 6 个试样。试样应绕轮辋均匀分布。



注：所示尺寸为精加工尺寸。

图 5 轮辋韧性试样取样位置

6.3.5.3 试验方法

试验应按 GB/T 4161—2007 的规定进行。具体试验条件如下：

- 紧凑拉伸试样 CT:厚度 30 mm(CT30 试样)具有 90°张角的山形缺口,见 GB/T 4161—2007 图 C.1;
 - 试验温度为 +15 °C ~ +25 °C ;
 - 试样裂纹位移的测量按 GB/T 4161—2007 图 3 进行;
 - 应力强度因子速率 $\Delta K/S$ 应在 $0.55 \text{ MPam}^{3/2}/\text{s} \sim 1 \text{ MPam}^{3/2}/\text{s}$ 范围内。
- 韧性值应认为是根据载荷-位移数据中的最大载荷值(F_Q)计算得出的 K_Q 值。

6.3.6 轮辋表面硬度

6.3.6.1 要求

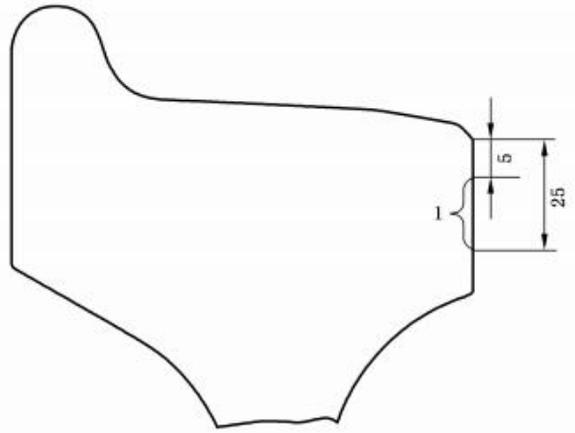
热处理后轮辋表面硬度值应符合表 6 的规定。试验时的布氏硬度压痕可以留在轮辋表面。

表 6 轮辋表面硬度值

钢牌号	布氏硬度最小值(HBW 10/3 000)
CL50	245
CL55	255
CL60	277
CL65	302
CL70	321

6.3.6.2 测试点位置

测量轮辋表面硬度测试的压痕应在图 6 所规定区域内取得。



标引序号说明：

1——布氏硬度测试区域。

注：所示尺寸为精加工尺寸。

图 6 轮辋表面硬度测试区域

6.3.6.3 试验方法

试验应按 GB/T 231.1 的规定进行。应对每一车轮进行轮辋表面硬度检测，试验可以在机械加工前进行。

6.4 热处理均匀性

6.4.1 硬度值

同一车轮的轮辋上测量的硬度值变动应在 30 HB 范围内。

6.4.2 测试点位置

应在轮辋外侧面上均匀分布的 3 个点上测试硬度。压痕应在图 6 所规定区域内的相同直径上取得。

6.4.3 试验方法

试验应按 GB/T 231.1 的规定进行。

6.5 显微组织、晶粒度及非金属夹杂物

6.5.1 要求

6.5.1.1 车轮轮辋经淬火和回火处理后，其显微组织应为细珠光体，允许存在铁素体，不应存在影响车轮使用性能的其他有害组织。

6.5.1.2 车轮轮辋经淬火和回火处理后晶粒度应为 6 级或更细。对于 CL70 钢车轮，晶粒度检验评定为型式试验要求。

6.5.1.3 车轮非金属夹杂物级别应符合表 7 规定。

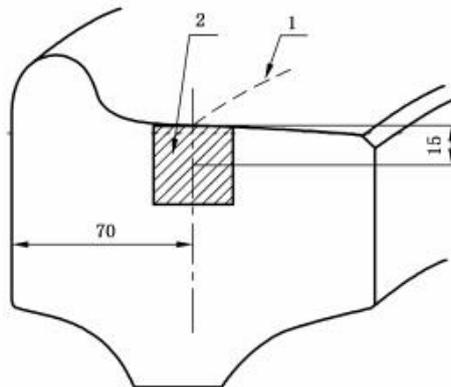
表 7 非金属夹杂物级别

夹杂物类型	最大非金属夹杂物级别					
	1级(车轮级别)		2级(车轮级别)		3级(车轮级别)	
	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系
A(硫化物类)	1.5	1.5	2	2	2	2
B(氧化铝类)	1	1	1	1	1	1
C(硅酸盐类)	1	1.5	1.5	2	2	2
D ^a (球状氧化物类)	1	1.5	2	2	2	2
B+C+D	2	3	3	4	3	4
DS ^b (单颗粒球状类)	1.5		2.5		—	
^a D _{sulf} 不参与评级。 ^b 客车车轮应进行 DS 类夹杂物检验,其他机车车辆车轮是否进行检验由供需双方商定。						

6.5.2 试验取样位置

显微组织、晶粒度评定试验取样位置见图 7,检验面应平行于轮辋横断面。非金属夹杂物检验评定试验取样位置见图 8,检验面应平行于轮辋外侧面。

单位为毫米



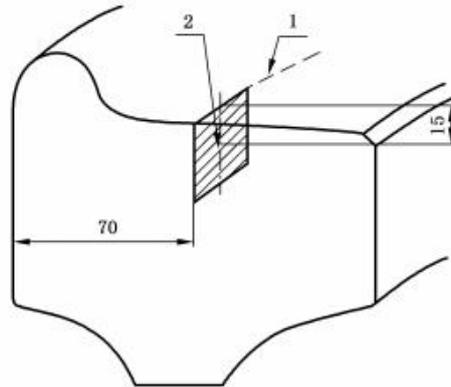
标引序号说明:

1——公称滚动圆;

2——检验面。

注:所示尺寸为精加工尺寸。

图 7 显微组织、晶粒度试验取样位置示意图



标引序号说明：

1——公称滚动圆；

2——检验面。

注：所示尺寸为精加工尺寸。

图 8 非金属夹杂物试验取样位置示意图

6.5.3 试验方法

6.5.3.1 应按 GB/T 13298 规定的方法进行显微组织检验。

6.5.3.2 应按 GB/T 6394—2017 中规定的比较法进行晶粒度的评定，晶粒度的显示按供需双方商定的方法进行。

6.5.3.3 应按 GB/T 10561—2005 规定的 A 方法进行非金属夹杂物检验。

6.6 低倍组织

6.6.1 要求

车轮低倍试片上不应有白点、缩孔残余、分层、裂纹、翻皮、异型偏析、异金属夹杂等。一般疏松、中心疏松和偏析分别不应严重于 TB/T 3031—2002 中图 1、图 2 和图 3 的限定。

各型非金属夹杂，对 2、3 级车轮，应小于或等于 2 级；对 1 级车轮，应小于或等于 1 级。

6.6.2 试验取样位置

车轮低倍检验试样为车轮半径方向整个横截面。

6.6.3 试验方法

应按 TB/T 3031—2002 规定的方法进行检验和评定。

6.7 内部完好性

6.7.1 一般要求

内部完好性应通过超声波检测确定。从事车轮超声波检测的人员应具有相应资质。

标准缺陷为具有不同直径的平底孔，见表 8。

表 8 标准缺陷直径

单位为毫米

车轮级别	1 级	2 级	3 级
轮辋标准缺陷直径	1.0	2.0	
辐板标准缺陷直径	3.0 和 5.0		—
轮毂标准缺陷直径	3.0 和 5.0		—

6.7.2 验收要求

6.7.2.1 轮辋

不应有大于或等于表 8 规定的平底孔当量大小的缺陷。

在轴向检验时,回波衰减不应高于 4 dB。

6.7.2.2 辐板

型式试验要求如下:

- 不应有 10 个以上大于或等于 ϕ 3 mm 平底孔当量缺陷;
- 不应有大于或等于 ϕ 5 mm 平底孔当量缺陷;
- 两个允许存在的缺陷(大于或等于 ϕ 3 mm 平底孔当量但小于 ϕ 5 mm 平底孔当量)之间的距离至少应为 50 mm。

6.7.2.3 轮毂

型式试验要求如下:

- 不应有 3 个以上大于或等于 ϕ 3 mm 平底孔当量缺陷;
- 不应有大于或等于 ϕ 5 mm 当量平底孔缺陷;
- 两个允许存在的缺陷(大于或等于 ϕ 3 mm 平底孔当量但小于 ϕ 5 mm 平底孔当量)之间的距离应不小于 50 mm;
- 在轴向检验时,回波衰减应不高于 6 dB。

6.7.3 试验方法

超声波检测方法应按 YB/T 4375 规定执行。根据需方要求,也可以采用其他标准进行检测。

6.8 残余应力

6.8.1 要求

6.8.1.1 车轮热处理应在轮辋内产生周向残余压应力区,并应同时保证使用性能。

6.8.1.2 采用切割法检验时,内部应力释放后,两个标记之间距离的缩小值应不小于 1 mm。

6.8.1.3 仅对 CL50、CL55 钢车轮采用应变片法测量残余应力分布,为型式试验要求。在车轮踏面表面附近测得的周向压应力值应不大于 -80 MPa。如果测得的周向压应力值小于 -200 MPa,应证明车轮辐板的径向残余应力水平是可以接受的。

6.8.2 试样

试样应为热处理后的整个车轮。

6.8.3 试验方法

6.8.3.1 用切割法进行残余应力检验时,应在轮辋外侧面上位于轮辋厚度的中心处做两个相距100 mm的标记,然后从轮缘顶部开始直达轮毂孔进行径向切割,切缝应在两个标记中间;通过测量两个标记之间距离的减缩检验压应力的存在。

6.8.3.2 应变片法测量残余应力分布,可以估算出车轮踏面下一定深度处周向应力的变化,详见附录 C。

6.9 表面完好性

6.9.1 一般要求

6.9.1.1 表面完好性应通过磁粉探伤进行确定。

6.9.1.2 磁粉探伤范围为除轮毂孔和踏面以外的整个车轮表面(轮毂孔和踏面由供需双方协商)。

6.9.1.3 磁粉探伤应在最终机加工后、抛丸和防腐处理前进行,表面无油污。

6.9.1.4 从事车轮磁粉探伤的人员应具有相应资质。

6.9.2 验收要求

除非另有规定,表面磁痕显示最大允许长度应符合以下要求:

- a) 机加工表面为 2 mm;
- b) 非机加工表面为 6 mm。

6.9.3 缺陷去除

6.9.3.1 对磁粉探伤发现的超过 6.9.2 规定的不连续性磁痕,可用机械加工或磨削方法去除。

6.9.3.2 修整后的车轮尺寸应能满足图纸规定的最小尺寸要求。

6.9.3.3 表面返修后,应重新进行磁粉探伤。

6.9.4 试验方法

磁粉探伤方法应按 YB/T 4376 规定的方法执行。根据需方要求,也可以采用其他标准进行检测。

6.9.5 剩磁

应对磁粉探伤后的车轮退磁并进行剩磁检查,其剩磁应不大于 0.7 mT。

6.10 喷丸强化

6.10.1 一般要求

6.10.1.1 根据需方要求,可进行喷丸强化。喷丸应在热处理之后进行,如需方要求喷漆(油),则应在热处理之后、喷漆(油)之前进行。喷丸区域为车轮辐板的内外侧面,并延伸至轮辋内外侧面圆弧中点和轮毂内外圆弧处的中点。

6.10.1.2 喷丸不应损害车轮装配部位和标记,必要时应采取相应的防护措施。

6.10.1.3 在正常设计车轮的辐板外侧面靠近轮毂圆弧处和辐板内侧面靠近轮辋圆弧处,以及反向辐板设计车轮的辐板外侧面靠近轮辋圆弧处和辐板内侧面靠近轮毂圆弧处的 C 型标准弧高试片应产生不小于 0.20 mm 的平均弧高。

6.10.1.4 最短喷丸时间应足以保证喷丸表面达到 C 型标准弧高度试片 100% 表面覆盖率。

注: 表面覆盖率的定义见 JB/T 10174。

6.10.1.5 钢丸应为 GB/T 18838.3 或 GB/T 18838.4 的铸钢丸。喷丸机应有分离装置,用以不断去除破碎的钢丸,且应添加足够的新钢丸,以保证喷丸机内任何时候都至少有 85% 的 170 号或更大尺寸的钢丸。

6.10.2 试验方法

6.10.2.1 喷丸强度应按 JB/T 10174 进行检验。

6.10.2.2 应用附在一个检验车轮上的 C 型标准弧高度试片测定弧高,且每班或 8 h 至少测一次弧高。检验结果应予以保存。

6.10.2.3 如果某次检验达不到 0.20 mm 的 C 型标准弧高度试片弧高的要求,则可以进行两次复验,复验数据应不小于 0.20 mm。算出两次复验数据与该次检验数据的平均值,应不小于 0.20 mm。

6.10.2.4 如果测定值不能满足 6.10.2.3 规定,则应采取纠正措施,并在进行生产性喷丸前获得合格的测定值。如果不合格检验的平均弧高是 0.16 mm~0.19 mm,则应对上次合格检验和这次不合格检验之间的时间内喷丸的后二分之一车轮重新喷丸,喷丸时间应至少为正常喷丸时间的二分之一。如果平均弧高小于 0.16 mm,则上次检验合格之后喷丸的所有车轮均应重新喷丸,喷丸时间为正常喷丸时间。

6.11 残余静不平衡

6.11.1 在交货或待组装状态下,精加工车轮的最大残余静不平衡见表 9 规定。

表 9 精加工车轮的最大残余静不平衡

运行速度(v) km/h	静不平衡 $g \cdot m$	符号
$v \leq 120$	≤ 125	E3
$120 < v \leq 200$	≤ 75	E2
$200 < v \leq 250$	≤ 50	E1

6.11.2 残余静不平衡的位置标志应在车轮内侧轮毂外表面上用径向色带(约 15 mm 宽、40 mm 长)标明,残余静不平衡标记打印在条带端部,残余静不平衡标记允许在车轮热处理之后冷打印,不应使用带尖角的字模。

6.11.3 不平衡的清除方法见附录 D。测量装置和方法应由供需双方协商确定。

6.12 表面状态和表面质量

6.12.1 要求

6.12.1.1 根据其用途,车轮可进行全部或部分机加工,车轮的表面粗糙度应符合图样的规定。除本文件规定位置应有标记及特殊要求以外,车轮表面不应显示有任何其他标记。

6.12.1.2 为“锻造”或“轧制”状态的部分应与机加工区域平滑过渡。

6.12.1.3 车轮表面不应有结疤、折叠、裂纹、压入物、缺肉、毛刺等有害缺陷。机加工表面不应有黑皮,

非机加工表面与机加工表面应光滑过渡。

6.12.1.4 车轮经机械加工后,如存在轻微表面缺陷,可采用局部磨削或机械加工的方法消除,磨修的凹痕处表面应向周围表面圆滑过渡,其深度不应超过 2 mm,并应满足尺寸要求。

6.12.1.5 车轮表面不应用铸、焊、喷涂、电或化学沉积等工艺修整。

6.12.2 检验方法

目视或适当量具。

7 检验规则

7.1 组批

车轮应按批检查和验收。每批应由同一熔炼炉号、同一热处理批次及同一型号的车轮组成。在贯通式连续炉中热处理时,可将不同炉罐号的车轮,按 C+¼Mn 当量差不大于 0.04%,且同一尺寸的车轮组批,但每批车轮个数不应大于 250 个。

7.2 检验要求

每批车轮检验要求见表 10。

表 10 检验要求

序号	检验类型	试验和检验项目		检验方式	检验状态	试验单元	每批提交检验的车轮数 (或每批检验次数)		每个车轮的试验数
							≤250	>250	
1	x,y	化学 成分	熔炼分析(包括氢含量)	a	—	c	1次		—
2	x,y		成品分析	b	d	c,h	1个		1
3	x,y	拉伸	轮辋	a,b	d	c,h	1个	2个	1
4	x,y		辐板	a,b	d	i	—		1
5	x,y	轮辋 冲击	20℃ ^a	a,b	d	c,h	1个	2个	3
6	x,y		-20℃ ^b	a,b	d	c,h	1个	2个	3
7	x,y	辐板冲击 ^c		a,b	d	c,h	1个	2个	3
8	x,y	显微组织		a,b	d	c,h	1个	2个	1
9	x,y	非金属夹杂物		a,b	d	c,h	1个	2个	1
10	x,y	晶粒度 ^d		a,b	d	c,h	1个	2个	1
11	x,y	低倍组织		a,b	d	c	1个	2个	1
12	x,y	轮辋表面硬度		a	d	c,h	100%		1点
13	x,y	轮辋断面硬度及 A 点硬度		a,b	d	c,h	1个	2个	4点
14	x,y	残余应力		a,b	d	c,h	1个	2个	1
15	y	热处理均匀性 ^e		a	d	—	10%或 1个		3点

表 10 检验要求 (续)

序号	检验类型	试验和检验项目		检验方式	检验状态	试验单元	每批提交检验的车轮数 (或每批检验次数)		每个车轮的试验数
							≤250	>250	
16	x,y	超声波检测	轮辋	a,b	f	w	100%		—
17	y		辐板	a	f	w	20%		—
18	y		轮毂	a	f	w	20%		—
19	x,y	磁粉探伤		a,b	f	w	100%		—
20	x,y	表面质量和尺寸 ^f		a,b	f	w	100%		—
21	x,y	残余静不平衡		a	f	w	100%		—
22	x,y	剩磁		a	f	w	100%		—
23	y	残余应力分布		a	f	—	1个		—
24	y	轮辋断裂韧性		a	f	—	1个		6
25	z	疲劳性能		e	f	—	2个		1
<p>注：a——由制造厂质量检验部门进行；b——需方可进行到货检验；c——同一炉号的车轮；d——试验应在规定的热处理之后进行；e——由供需双方认可部门进行；f——试验在最终交货状态下进行；h——同一热处理批的车轮；i——3 000个车轮为一个试验单元；w——以一个车轮为一个试验单元；x——出厂检验项目；y——型式检验项目；z——制造厂首次生产本文件规定的材料的车轮（不包括货车轮），或制造工艺发生重大变化时进行。</p>									
<p>^a 不包括 CL60 钢车轮。 ^b 仅对 CL50 和 CL60 钢车轮。 ^c 仅对 CL60、CL65 和 CL70 钢车轮。 ^d CL70 钢为型式检验项目。 ^e CL50、CL55 钢车轮每批检验 10%，CL60、CL65、CL70 钢车轮每批检验 1 个。 ^f 车轮尺寸偏差和形位公差检验项目和检验频次按供需双方商定和 7.2.2 的规定。</p>									

7.3 尺寸及偏差检验规则

7.3.1 滚动圆直径、轮辋宽度、轮毂孔径、轮毂长度、轮缘和踏面外形应逐个测量。

7.3.2 轮辋外侧内径、轮辋内侧内径、同侧轮辋厚度差、轮毂内侧外径、轮毂外侧外径、同侧轮毂壁厚差、内侧辋毂距、辐板厚度、辐板轮廓应每班开班或每工作 8 h 至少测量一次。

7.3.3 滚动圆圆度、轮辋内侧面端面跳动、轮毂孔径跳动为型式检验项目。

7.4 复验与判定规则

7.4.1 对成品化学成分，当成品化学成分不合格时，可在同批其他车轮上取双倍试样进行复验，复验结果只要其中有一项不合格，则判定该批车轮不合格。

7.4.2 对低倍组织，若低倍组织发现有白点、缩孔残余、分层、裂纹、翻皮、异型偏析和金属异物，则该批车轮不合格，低倍组织因其他项目不合格时，可在同批车轮中另取两个车轮进行复验。复验结果只要有一项不合格，则判定该批车轮不合格。

7.4.3 对非金属夹杂物,当非金属夹杂物检查不合格时,可在同批其他车轮上取双倍试样进行非金属夹杂物复验。复验结果只要有一项不合格,则判定该批车轮不合格。

7.4.4 当拉伸、硬度、冲击、显微组织或晶粒度检验不合格时,可在同批其他车轮上取双倍试样进行复验,复验结果只要其中有一项不合格,则判定该批车轮不合格。供方可对该批车轮重新进行热处理,但重复热处理次数不得多于两次,回火次数不计。重新热处理的车轮应进行除低倍组织、化学成分和非金属夹杂物外的全部检查与验收。

7.5 型式试验条件

在下列情况下应进行型式试验:

- a) 首次生产;
- b) 制造工艺发生重大变化时;
- c) 停产两年及以上,再重新投入批量生产时;
- d) 生产场地发生变更时。

7.6 数值修约

数值修约应按 YB/T 081 的规定进行。

8 标志

8.1 每个成品车轮均应在轮辋外侧面或轮毂内端面上打印制造标记,可采用热打印或冷打印方式,但打印方式应经需方认可。标志应包含以下内容:

- a) 制造年份末两位数;
- b) 制造月份;
- c) 工厂标记;
- d) 车轮钢牌号;
- e) 车轮型号;
- f) 熔炼炉号;
- g) 车轮顺序号。

8.2 无标记或标记不清无法辨认者,不应交货。

8.3 残余不平衡位置和标记按 6.11.2 的规定执行。

8.4 非精加工状态交货的车轮其标记由供需双方商定,合同中注明。

9 交货

9.1 交货状态

车轮可以下列状态交货:

- a) 未加工(锻制或轧制)状态:除为满足订单中规定的技术要求而进行的机械加工外未进行任何机械加工;
- b) 粗加工状态(按需方要求):车轮已进行了机械加工,但尚需进行后续加工;
- c) 半精加工状态:除轮毂孔外,车轮某些部位已经进行了精加工,而其他部位还需进行精加工(包括轮毂孔);

- d) 精加工状态:除轮毂孔外,车轮所有部位均进行了精加工;
- e) 精加工待装配状态:车轮所有部位,包括轮毂孔均进行了最后加工,处于最终待装配状态。

9.2 包装防护

9.2.1 在每个车轮的内侧辐板上用油漆标明轮径尺寸,字迹应清晰可辨,轮径精确到小数点后一位。如有其他要求,可由供需双方协商确定,在合同中注明。

9.2.2 车轮表面应按需方要求在指定部位涂刷用户指定或者认可的防护层,防护层应均匀覆盖需涂刷部位。

9.2.3 车轮应4个或5个一组,成串运输。防止车轮运输过程中受到机械损伤,特别是轮毂孔两端及轮缘应采取有效防护。如有其他要求,可由供需双方协商确定,在合同中注明。

10 质量证明书

10.1 制造厂应对每批车轮开具质量证明书。

10.2 质量证明书应包括以下试验内容:

- a) 化学分析(实测值);
- b) 轮辋拉伸、辐板拉伸(实测值);
- c) 轮辋冲击、辐板冲击(实测值);
- d) 轮辋断面硬度及A点硬度(实测值);
- e) 表面硬度;
- f) 残余应力值(实测值);
- g) 低倍组织;
- h) 显微组织;
- i) 非金属夹杂物(各类夹杂物级别);
- j) 晶粒度(实测值);
- k) 超声波探伤;
- l) 磁粉探伤;
- m) 表面质量;
- n) 尺寸;
- o) 残余静不平衡。

10.3 证明书同时应包括以下内容:

- a) 制造厂名称;
- b) 车轮型号;
- c) 车轮钢牌号;
- d) 车轮数量;
- e) 熔炼炉号;
- f) 车轮顺序号(单个);
- g) 出厂日期。

附 录 A
(规范性)
车轮钢液氢含量检测

A.1 在线检测

A.1.1 测试方式

应在真空脱气操作结束后对钢包中的钢水氢含量采用定氢系统进行在线测定。

A.1.2 定氢系统组成

定氢系统由处理器装置、气动装置、氮气瓶、测枪、定氢探头等组成。

A.1.3 检测原理

测试时,将定氢探头浸入钢水中,载体气体(N_2)通过与氢气结合吸收溶解在钢水中的氢气。在气动装置内,通过 TCD(热传导率检测或热导计)连续监控载体气体的导热性并将其转换成氢气分压力,然后转换成氢含量,这样处理器装置产生实时氢含量对时间的曲线,待测量曲线平直后处理器装置显示正确的氢含量。

A.2 化学分析法

A.2.1 当采用化学分析法时,应在浇铸钢锭或倒入中间包过程中取样。为符合技术条件的要求,应按下述四种方法之一进行取样:

- a) 铜模;
- b) 二氧化硅吸管;
- c) 石英起泡管(透明石英因其吸湿性而被禁用);
- d) 埋入式探头法(采用热导探测器的载体气法)。

A.2.2 可采用下列两种方法之一进行分析:

- a) 在温度为 $650\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 1\ 050\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内“真空提取”;
- b) 在 $650\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,将载体气注入钢液中。所得到的含有氢的扩散气体被回收用于再循环和分析。

A.3 其他要求

从事氢含量分析的操作者应经过专门培训。

附录 B
(规范性)
疲劳性能要求与试验

B.1 疲劳性能要求

在规定的试验应力下,经过 10^7 次循环后车轮不应产生裂纹。CL50、CL55 和 CL60 车轮的辐板径向试验应力见表 B.1,其他钢牌号的车轮试验应力由供需双方商定。

表 B.1 车轮的辐板径向应力

对称加载	非机加工辐板	机加工辐板
检验的径向应力值	± 168 MPa	± 240 MPa

B.2 疲劳试验试样

试样为成品尺寸未涂装的车轮。车轮表面质量应符合 6.12 的规定。

B.3 试验方法

试验装置应能使车轮辐板产生对称弯曲应力。表 B.1 中应力值指通过测量得到的可能萌生裂纹区域的径向应力;试验载荷通过测量可能萌生裂纹区域的径向应力确定。

B.4 试验装置

B.4.1 可采用试验装置 A 或试验装置 B 进行车轮疲劳试验。

B.4.2 试验装置 A 如图 B.1 所示,其中:

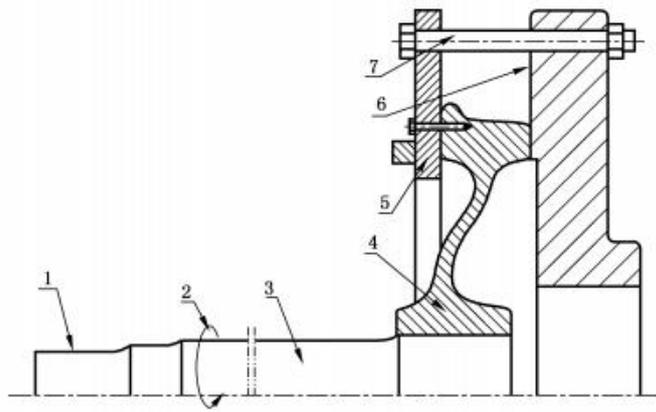
- a) 车轮过盈安装到一根模拟车轴上,轮轴组件固定在试验台法兰上;
- b) 试验轮轴组件绕轴中心线转动,在轴的自由端通过伺服液压系统施加恒定的载荷,使车轮辐板发生弯曲。

B.4.3 试验装置 B 如图 B.2 所示,其中:

- a) 车轮过盈安装到一根模拟车轴上,轮轴组件固定在试验台地基上;
- b) 加载装置在轴颈部位施加旋转载荷,进而在试验部位产生循环交变应力。

B.5 检验规则

每次检验车轮数量为 2 个。

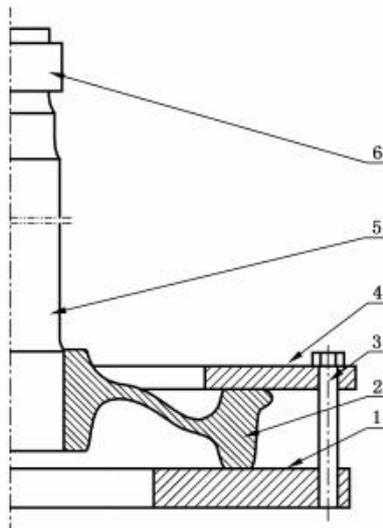


标引序号说明：

- 1——施加载荷；
- 2——旋转；
- 3——装配轴；
- 4——车轮试样；

- 5——工装垫板；
- 6——试验台法兰；
- 7——紧固螺栓。

图 B.1 试验装置 A



标引序号说明：

- 1——试验台地基；
- 2——试验车轮；
- 3——连接螺栓；

- 4——夹紧工装；
- 5——连接车轴；
- 6——加载装置。

图 B.2 试验装置 B

附录 C

(资料性)

应变片法确定踏面下深处周向残余应力的变化(破坏性试验法)

C.1 方法原理

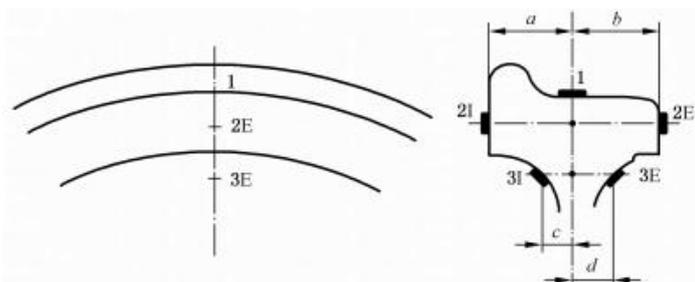
该方法的要点是导致轮辋中存在的残余应力的逐渐释放的切割操作。
通过在表面用应变片测量局部变形测得每次切割操作所导致的残余应力状态的变化。
通过在表面测得的状态,用线性插值法得到轮辋内部应力状态的变化。
热处理可有效地使周向残余应力分布均匀,试验仅对一个径向横截面进行测量。

C.2 程序

C.2.1 安装应变片

在切割车轮前,在轮辋横截面上安装应变片(见图 C.1),应变片粘贴位置如下:

- a) 沿圆周方向和轴向;
——位于辐板与轮辋联结处的对称面上的踏面点 1 处。
- b) 沿圆周方向和径向;
——轮辋外侧面上的点 2E 处和轮辋内侧面上的点 2I 处;
——辐板圆角的点 3E 处(外侧)和点 3I 处(内侧)。



标引序号说明:

- 1、2E、2I、3E、3I —— 测试点;
a —— 测试点 1 和 2I 的轴向距离;
b —— 测试点 1 和 2E 的轴向距离;
c —— 测试点 1 和 3I 的轴向距离;
d —— 测试点 1 和 3E 的轴向距离。

图 C.1 安装应变片

C.2.2 实施切割

切割操作按一定程序进行(见图 C.2),这样将不会产生残余应力(除非切割区域厚度很薄)。

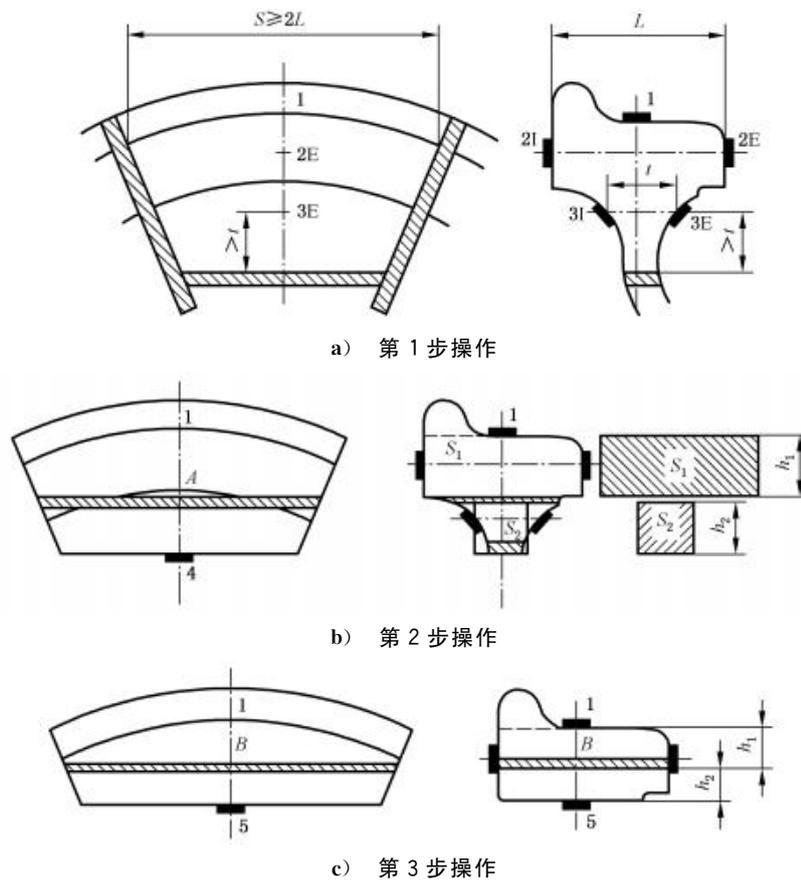
按下述顺序进行三步切割操作:

- a) 沿两个径向和距应变片 3I 和 3E 下深度至少为 t 的平行于轴向的面,切取长度 S 至少为轮辋宽度两倍的一段轮辋截面[第 1 步操作见图 C.2 a)];
- b) 在辐板与轮辋联结起始处沿平行于轴向的面切割[第 2 步操作见图 C.2 b)];
- c) 穿过轮辋沿平行于轴向的面切割[第 3 步操作见图 C.2 c)],该步操作将仅在轮辋厚度大于 30 mm 时进行。

C.2.3 切割操作

切割操作如下：

- a) 第 1 步切割操作后,测量应变；
- b) 记录轮辋横截面一端上径向横截面的精确轮廓；
- c) 粘贴应变片 4[见图 C.2 b)]；
- d) 第 2 步切割操作后,测量应变片 1 和 4 的应变；
- e) 测量厚度 h_1 和 h_2 [见图 C.2 b)]；
- f) 粘贴应变片 5[见图 C.2 c)]；
- g) 第 3 步切割操作后,测量应变片 1 和 5 的应变；
- h) 测量厚度 h_1 和 h_2 [见图 C.2 c)]。



标引序号说明：

- 1、2I、2E、3I、3E、4、5——测试点；
- S ——轮辋切取长度；
- L ——轮辋宽度；
- t ——测试点 3I 和 3E 的轴向距离；
- S_1 、 S_2 ——第 2 步操作后切取的两部分试块标记；
- h_1 、 h_2 ——第 2 步和第 3 步操作后切取的两部分试块沿径向的高度；
- A 、 B ——第 2 步和第 3 步操作切割面与测试点 1 径向延长线交点。

图 C.2 切割操作

C.3 踏面下深处周向残余应力变化的计算

C.3.1 总则

按式(C.1)计算在测量点“j”处进行切割操作“i”而产生的周向应力变化(σ_j^i):

$$\sigma_j^i = -\frac{E}{1-\nu^2} [e_{\text{cir}}^i + \nu e_{\perp}^i] \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

$E=210\,000$ MPa;

$\nu=0.28$;

e_{cir}^i ——周向测得的应变;

e_{\perp}^i ——轴向(或径向)测得的应变。

C.3.2 由第1步切割操作产生的周向应力变化的计算

计算应力 σ_1^1 、 σ_{2E}^1 、 σ_{2I}^1 、 σ_{3E}^1 、和 σ_{3I}^1 , 然后按式(C.2)和式(C.3)计算点2和点3[图C.3 a)]的应力值:

$$\sigma_2^1 = \frac{a}{a+b}\sigma_{2E}^1 + \frac{b}{a+b}\sigma_{2I}^1 \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

$$\sigma_3^1 = \frac{c}{c+d}\sigma_{3E}^1 + \frac{d}{c+d}\sigma_{3I}^1 \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

沿径向的应力变化用应力图上通过图C.1中点1和点3的直线表示, 该两点纵坐标与点到踏面的距离有关。

在点2处计算出的应力[图C.3 a)]落在这条直线上, 误差为 ± 20 MPa。

C.3.3 由第2步切割操作产生的周向应力变化的计算

计算应力 σ_1^2 和 σ_4^2 , 然后按式(C.4)计算点A处[图C.2 b)]的应力:

$$\sigma_A^2 = \frac{-(2h_1+h_2)S_1\sigma_1^2 + h_2S_2\sigma_4^2}{S_1(h_1+h_2)} \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

沿径向的应力变化用应力图上通过图C.1中点1和点A的直线表示, 该两点的纵坐标与点到踏面的距离有关[图C.3 b)]。

C.3.4 由第3步切割操作产生的周向应力变化的计算

计算应力 σ_1^3 和 σ_5^3 , 然后按式(C.5)计算点B处[图C.2 c)]的应力:

$$\sigma_B^3 = -\frac{(2h_1+h_2)}{h_1+h_2}\sigma_1^3 + \frac{(h_2)^2}{h_1(h_1+h_2)}\sigma_5^3 \quad \dots\dots\dots (C.5)$$

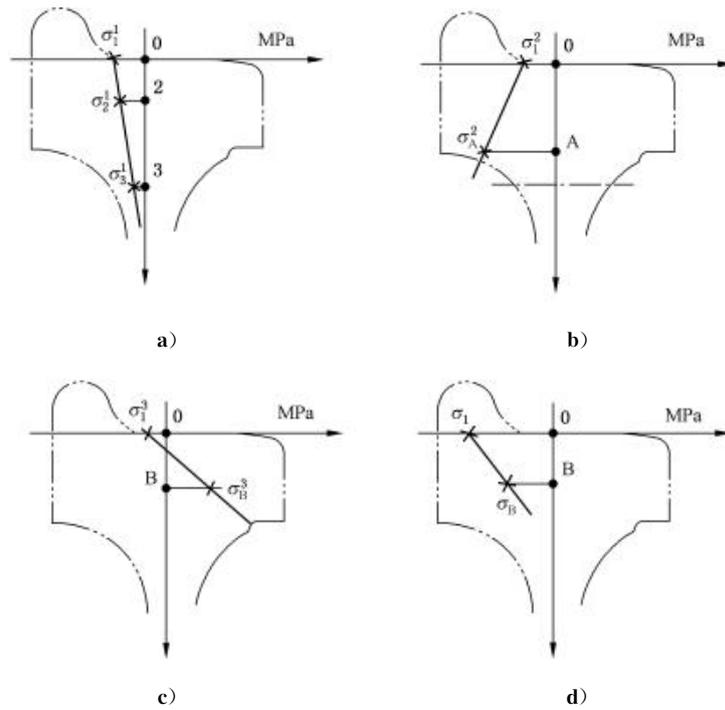
沿径向的应力变化用应力图上通过图C.1中点1和点B的直线表示, 该两点的纵坐标与点到踏面的距离有关[图C.3 c)]。

C.3.5 踏面深处周向应力变化的最终结果表示

通过图C.3 a)和图C.3 b)确定应力值: σ_B^1 和 σ_B^2 。

图C.1中点1处周向残余应力(σ_1)值等于每一切割操作后测得应力值的代数和, 即 $\sigma_1 = \sigma_1^1 + \sigma_1^2 + \sigma_1^3$ 。同样, 图C.3中点B处残余应力值(σ_B)为: $\sigma_B = \sigma_B^1 + \sigma_B^2 + \sigma_B^3$ 。

踏面深处周向应力变化最终示图用应力图上通过相当于图C.1中点1和图C.3中点B纵坐标 σ_1 和 σ_B 的直线表示, 该两点的纵坐标与点到踏面的距离有关[图C.3 d)]。



标引序号说明：

- 0 —— 图 C.1 中测试点 1 的位置, 坐标原点;
- 2 —— 测试点 2I 和 2E 连线与图 C.1 中测试点 1 径向延长线的交点;
- 3 —— 测试点 3I 和 3E 连线与图 C.1 中测试点 1 径向延长线的交点;
- A、B —— 第 2 步和第 3 步操作切割面与图 C.1 中测试点 1 径向延长线交点。

图 C.3 确定踏面深处周向应力变化的方法示意图

附录 D
(资料性)
不平衡的清除方法

D.1 不平衡的清除是在车轮内侧面的辐板与轮辋之间的过渡部位进行偏心加工(见图 D.1),去除的轮辋厚度小于 4 mm,加工面和非加工面圆滑过渡,该处不作为轮辋厚度的测量点。不采取附加平衡块或钻孔的方式达到平衡。

D.2 如果有特殊情况,则消除残余不平衡部位可由供需双方特别协商进行调整。

单位为毫米

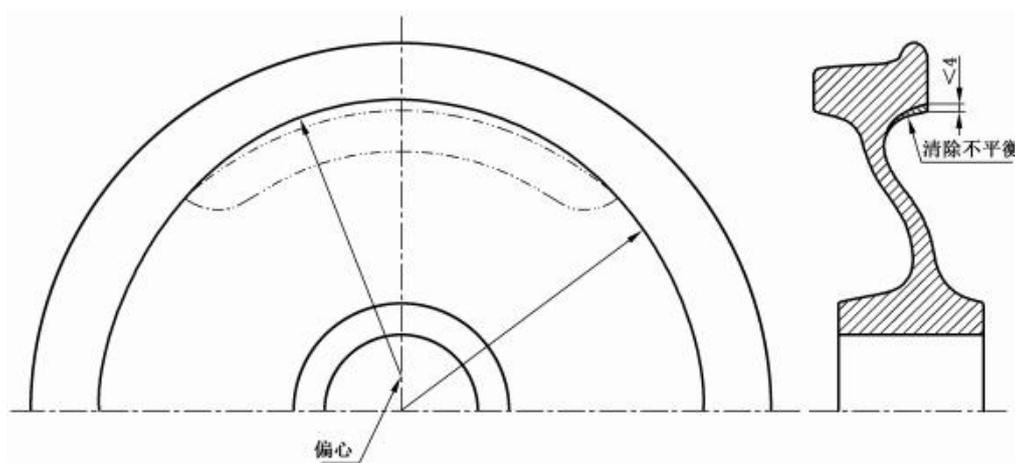


图 D.1 不平衡的校正示例